



VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SOSTITUZIONE DI COLTURE ENERGETICHE CON LA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI PER UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA ESISTENTE

Francesco Di Maria¹, Marzio Lasagni², Gabriele Anatrini³

**¹LAR⁵ Laboratory - Dipartimento di Ingegneria - Università di Perugia - Via
G. Duranti 93, 06125, Perugia**

email: francesco.dimaria@unipg.it

²AISA Impianti spa, str. vicinale dei Mori, 52100, Arezzo

³Belvedere Angelico srl, viale G. Matteotti 2b/2c, 50031 Barberino di Mugello



Principali aspetti esaminati

- **Tecnici**
- **Economici**
- **Ambientali mediante LCA – Supporto processi autorizzativi**



Razionale dello studio

Directive 2001/77/EC – Obiettivi percentuali energia elettrica rinnovabile. Implementazione di aiuti economici

	RES-E TWh 1997 (**)	RES-E% 1997 (***)	RES-E% 2010 (****)
Belgium	0,86	1,1	6,0
Denmark	3,21	8,7	29,0
Germany	24,91	4,5	12,5
Greece	3,94	8,6	20,1
Spain	37,15	19,9	29,4
France	66,00	15,0	21,0
Ireland	0,84	3,6	13,2
Italy	46,46	16,0	25,0 (!)

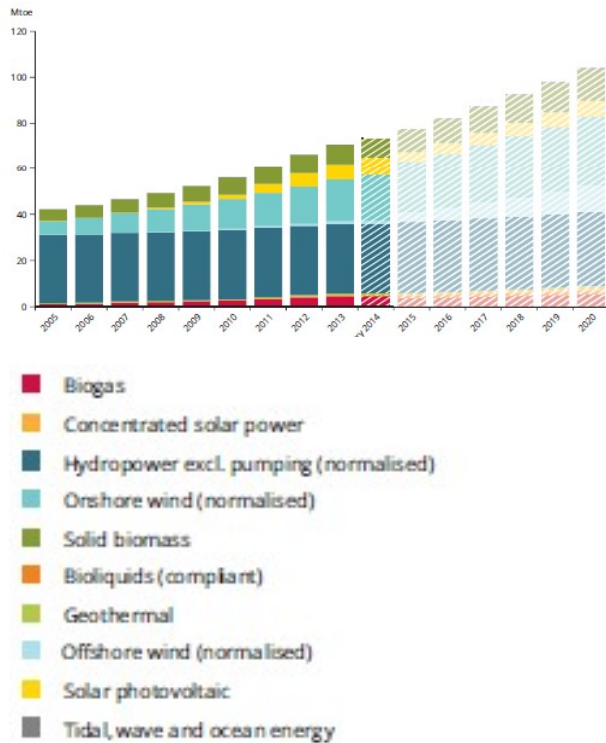
Luxembourg	0,14	2,1	5,7 (!)
Netherlands	3,45	3,5	9,0
Austria	39,05	70,0	78,1 (!)
Portugal	14,30	38,5	39,0 (!)
Finland	19,03	24,7	31,5 (!)
Sweden	72,03	49,1	60,0 (!)
United Kingdom	7,04	1,7	10,0
Community	338,41	13,9 %	22 % (****)



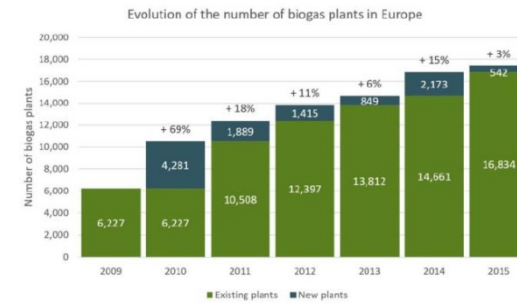
Razionale dello studio

Durata dell'incentivo: da 12 a 20 anni

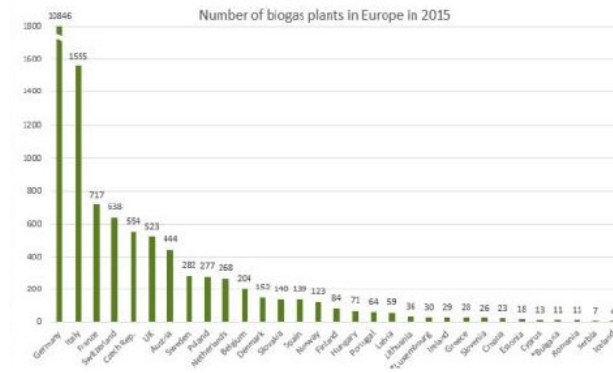
Quota rinnovabili EU



Incremento DA UE28 ultimi 7 anni
> 9.000 MW installati



Impianti DA UE28





Razionale dello studio

DA colture energetiche (mais) producono > 50% del biogas nell'UE28 (EC, 2017)

Incidenza costo colture energetiche sul kWh prodotto (Schievano et al., 2015)

	Production cost	Biomass cost		UC of biogas	UC of EE
	€ ha ⁻¹	€ Mg ⁻¹	€ Mg ⁻¹ DM	€ Nm ⁻³	€ kwhe ⁻¹
Single crops					
Maize (1st crop)	2106	29.8	98	0.162	0.086
Maize (2nd crop)	2098	32.1	104	0.203	0.108
Maize (3rd crop)	2098	37.3	119	0.233	0.123
Rye	1187	45.6	137	0.283	0.150
Grass	988	19.8	91	0.181	0.096
Triticale	1248	13.8	76	0.128	0.068
Sorghum	1655	12.9	86	0.232	0.123
Crop successions					
Rye + Maize (3rd crop)	3285	40.0	125	0.249	0.132
Grass + Maize (2nd crop)	3086	27.5	100	0.196	0.104
Triticale + Sorghum	2903	15.5	94	0.199	0.106
Triticale + Maize (3rd crop)	3346	24.5	98	0.179	0.095

Sostenibilità economica al termine del periodo di durata dell'incentivo?



Razionale dello studio

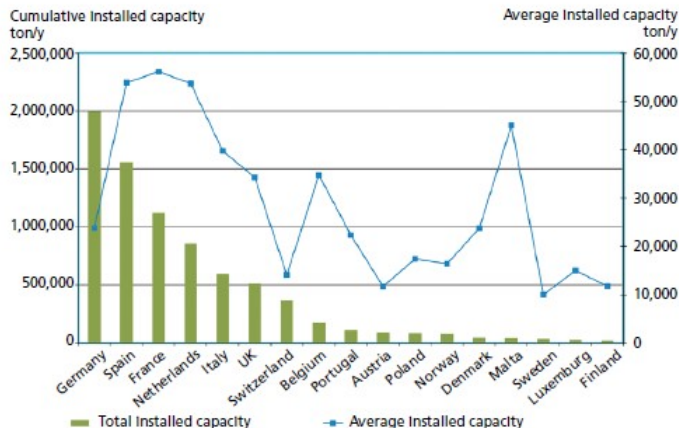
Potenziale frazione organica (bio-waste) in UE = 90.000.000 Mg

EC green paper (EC, 2008), bio-waste is defined as "biodegradable garden and park waste, food and kitchen waste from households, restaurants, caterers and retail premises, and comparable waste from food processing plants. It does not include forestry or agricultural residues, manure, sewage sludge, or other biodegradable waste such as natural textiles, paper or processed wood. It also excludes those by-products of food production that never become waste."

Trattamento/Riciclo FO in UE 28

AD ≈ 8,000,000 Mg in 244 impianti

Compostaggio ≈ 40,000,000 Mg in 3.500 impianti



Scenario Italiano (2015)

- Compostaggio ≈ 4.130.000 Mg in 263 impianti
- DA + Comp. ≈ 1.400.000 Mg in 26 impianti
- DA ≈ 220.450 Mg in 20 impianti

Ampi margini di implementazione AD nel settore dei rifiuti

- DA è una BAT per il trattamento/riciclo FO
- DA FO coerente obiettivi 2020 e 2030



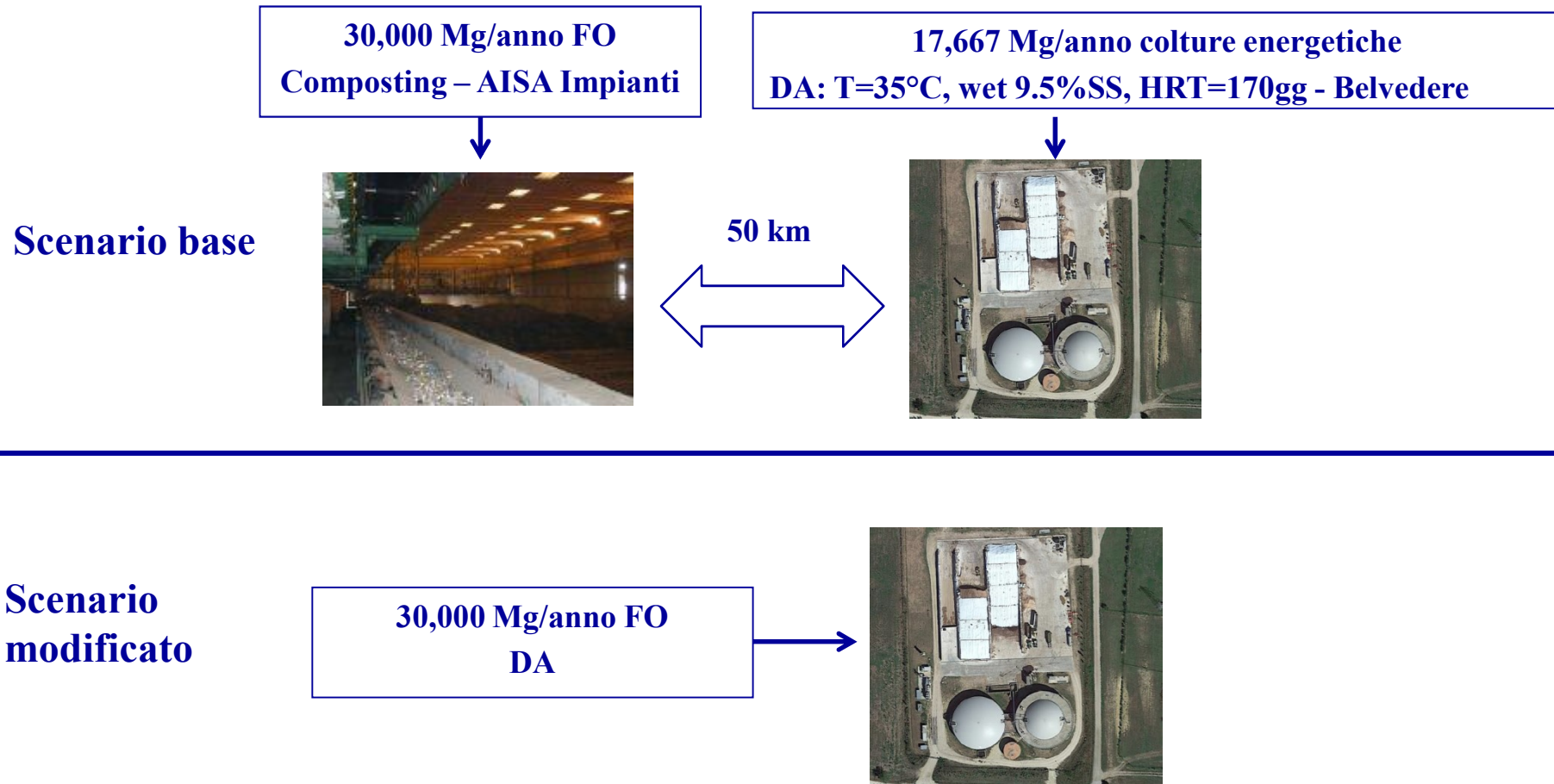
Ostacoli per una piena implementazione della DA nel trattamento della FO

Principali ostacoli:

- **Economici:** Costi di investimento/gestione, accesso a finanziamenti;
- **Politici/legali:** Quadro politico/legale, complessità e durata delle procedure amministrative;
- **Tecnici:** Cambiamento giornaliero della qualità/quantità della FO;
- **Sociali:** Percezione e livello di informazione della cittadinanza.



Caso di studio

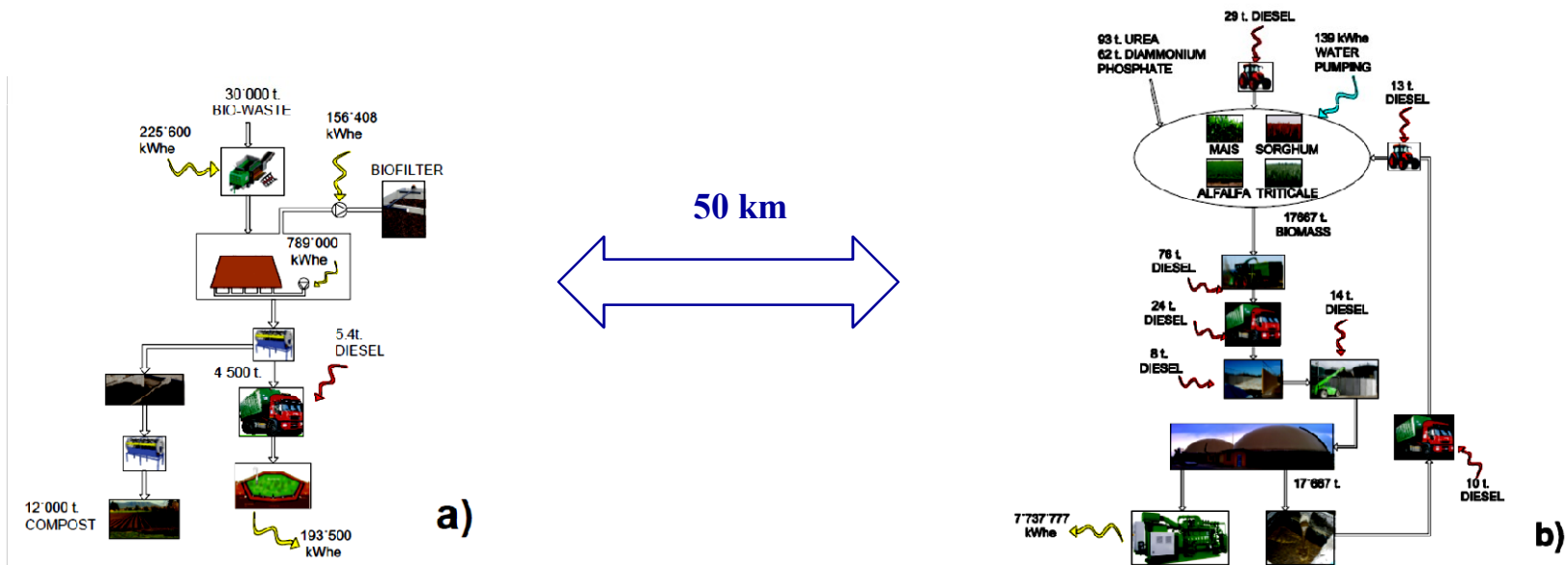




Il caso di studio: Scenario base

Compostaggio FO presso
AISA Impianti Spa

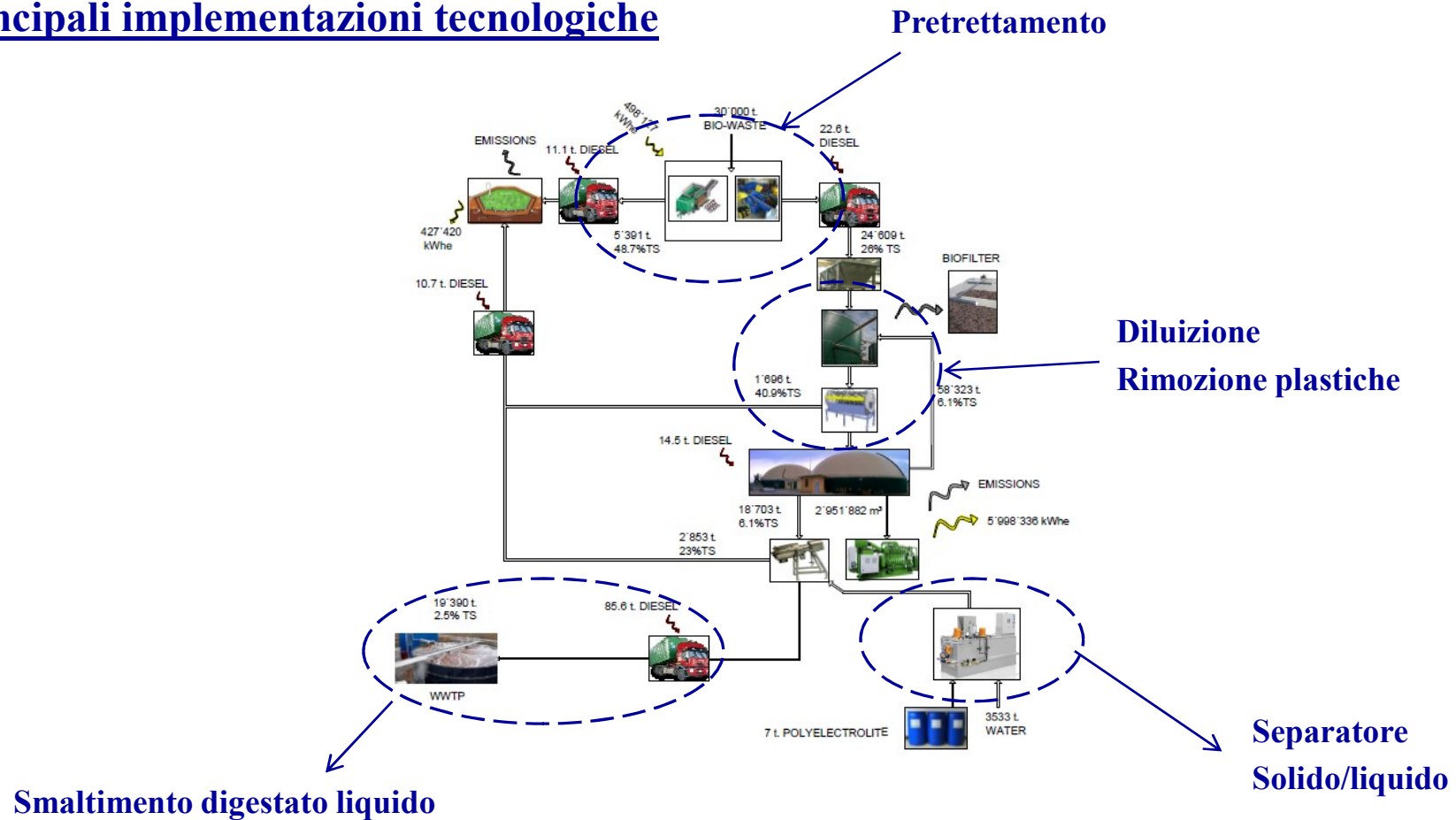
DA colture energetiche presso
Belvedere srl





Il caso di studio: Scenario modificato

Principali implementazioni tecnologiche

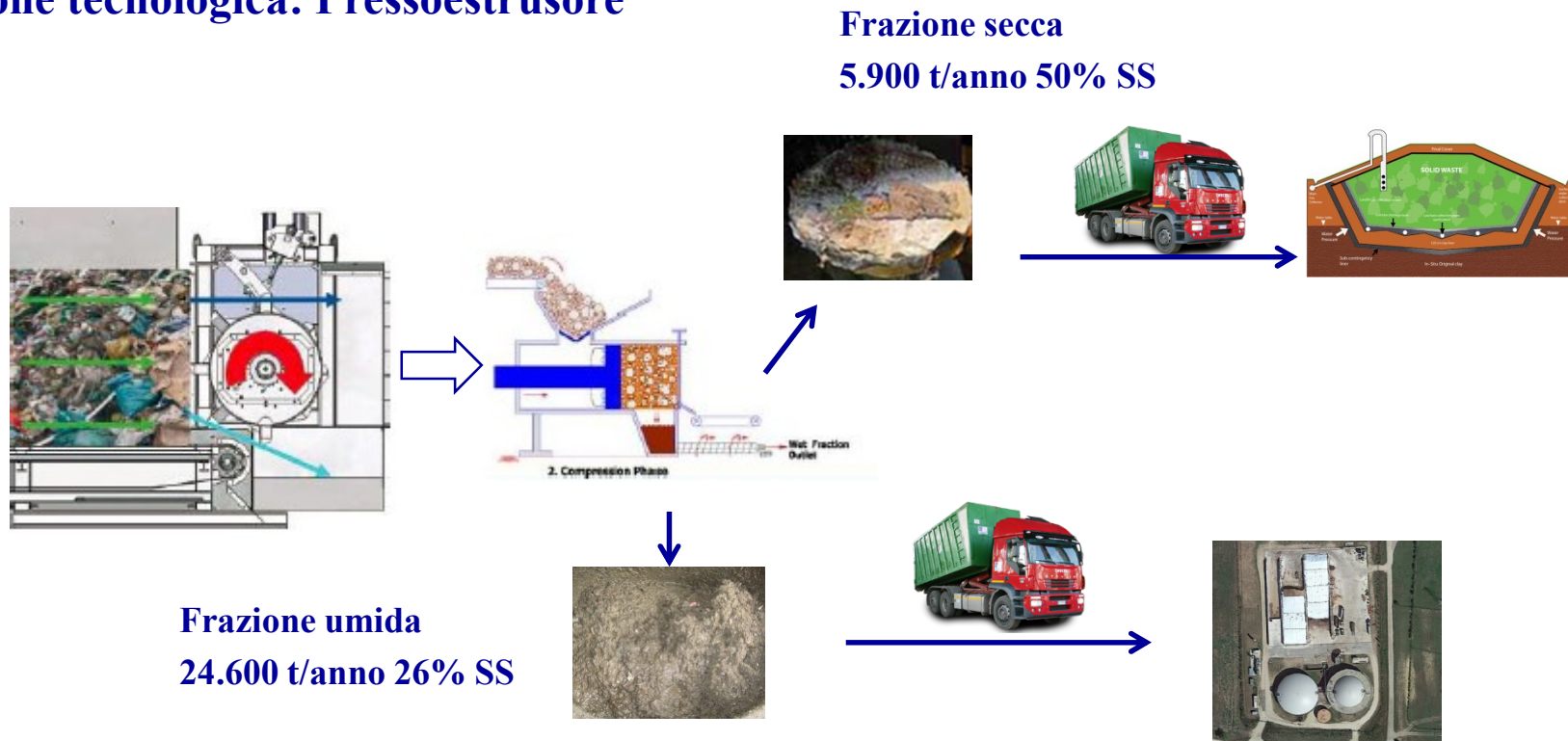




Il caso di studio: Scenario modificato

Il pretrattamento della FO

- Dove ? - AISA Impianti Spa
- Soluzione tecnologica: Pressostrusore

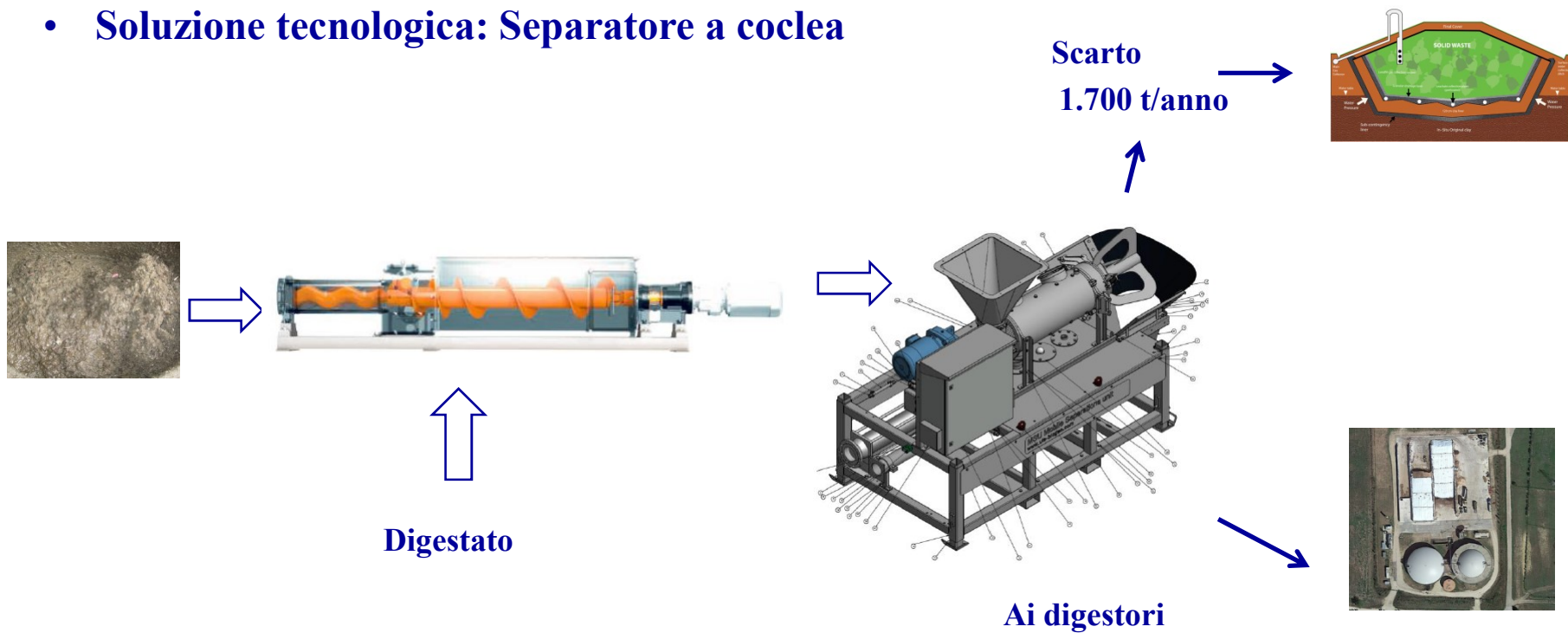




Il caso di studio: Scenario modificato

Diluizione e rimozione plastiche

- Dove ? - Presso Impianto Belvedere
- Soluzione tecnologica: Separatore a coclea

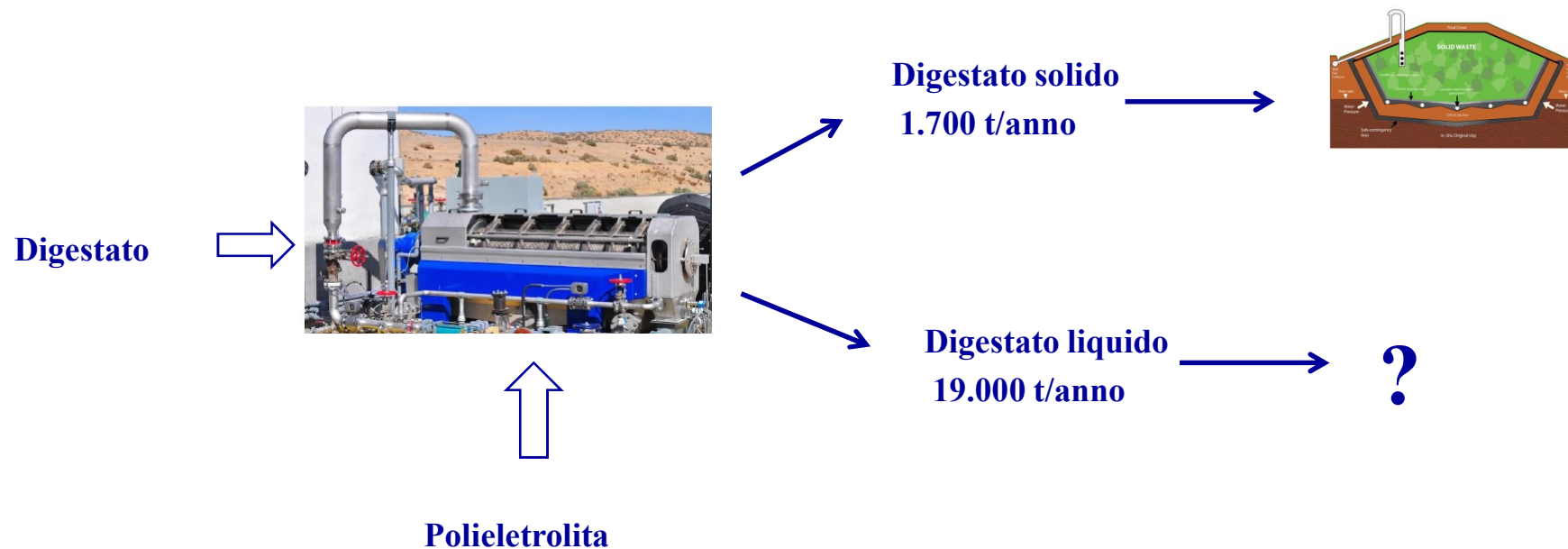




Il caso di studio: Scenario modificato

Separazione liquido solido

Dove ? - Presso Impianto Belvedere





Il caso di studio: Scenario modificato

Trattamento digestato liquido

Opzioni possibili

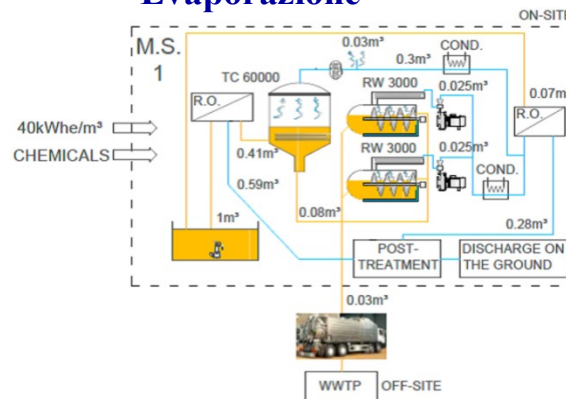
Co-trattamento fuori sito
con acque reflue civili



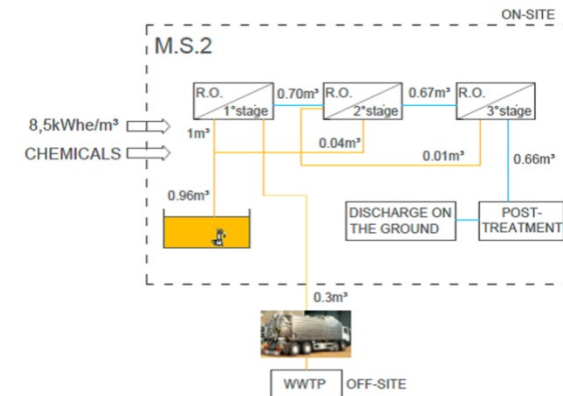
R10

Trattamento in sito

Evaporazione



Osmosi Inversa





Il caso di studio: Aspetti energetici

Potenziale di biometanazione

Energy crops

- C/N: 25-60
- Humidity < 70% w/w
- CH₄: 50-54%v/v

Crop	CH ₄ yield m ³ /MgVS	Crop	CH ₄ yield m ³ /MgVS
Maize	205-450	Barely	353-658
Wheat	384-425	Triticale	337-555
Oats	250-295	Sorghum	295-372
Rye	283-492	Alfalfa	340-500
Grass	298-467	Sunflower	154-400
Miscanthus	179-218	Leaves	417-453

Bio-waste

- C/N: 11-35
- Humidity > 60% w/w
- CH₄: 55-60%v/v

Bio-waste	CH ₄ yield m ³ /MgVS
Fruit and vegetable waste	335-430
Organic fraction of Municipal solid waste	210-370

1 Mg → 1,4 Mg



Il caso di studio: Aspetti energetici, consumo/recupero materia

Mass and energy input/output		Base	Modified
ENERGY, FUEL	FUEL CONSUMPTION (Mg)	180	124.5
	ENERGY CONSUMPTION (kWh)	1.171.008	1.543.704
	NET ENERGY RECOVERY (kWh)	7.737.777+193.500	5.186.586+427.420
MINERAL FERTILIZER	UREA (Mg)	93	-
	DIAMMONIUM PHOSPHATE (Mg)	62	-
REPLACED FERTILIZER	N (Mg)	204	-
	K ₂ O (Mg)	132	-
	P ₂ O ₅ (Mg)	99,8	-
	Corg (Mg)	3.048	-
CHEMICALS	POLYELECTROLITE (Mg)	-	7
DISPOSAL	WWTP (Mg)	-	19,390
	LANDFILL (Mg)	4,500	9.940



Il caso di studio: Aspetti economici

CAPEX	€
<i>Bio-waste pre-treatment</i>	
Bags opener	1,875,000
Extrusion	
Ancillary components	
Electrical equipments	
<i>Existing AD facility improvement</i>	
New feeder	1,110,000
Mixing system	
Plastics removal	
Loading pump	
Piping	
Electric and electronic upgrading	
Liquid/solid separation	
Total	2,985,000
OPeX	€/year
O&M bio-waste pre-treatment	105,000
O&M AD facility, co-generator and liquid/solid separator	215,000
Chemicals	35,500
WWTP	425,000
Disposal	300,000
Transports	850,000
Total	1,930,500
Revenews for electricity	
Electrical energy sold (no incentive, 5-7 €/kWh)	321,304-449,826
Electrical energy sold (current incentive, 0.28 €/kWh)	1,799,305.2



Il caso di studio: Aspetti ambientali

LCA: Struttura metodologica

- **Obiettivo: Impatto sostituzione CE con FO per DA – Supporto procedimento autorizzativo**
- **Ambito:**
 - **Unità Funzionale: produzione di energia elettrica (kWh) netta nei due scenari**
 - **Flusso di riferimento: 1 kWh**
 - **Sistema in espansione, LCI consequenziale, energia marginale GN IT**
 - **Origine dei dati: Misure dirette, laboratorio, database Ecoinvent 3.0, ELCD, Agryblise...**
 - **Metodo di valutazione dell'impatto: ILCD 2011+ Midpoint**



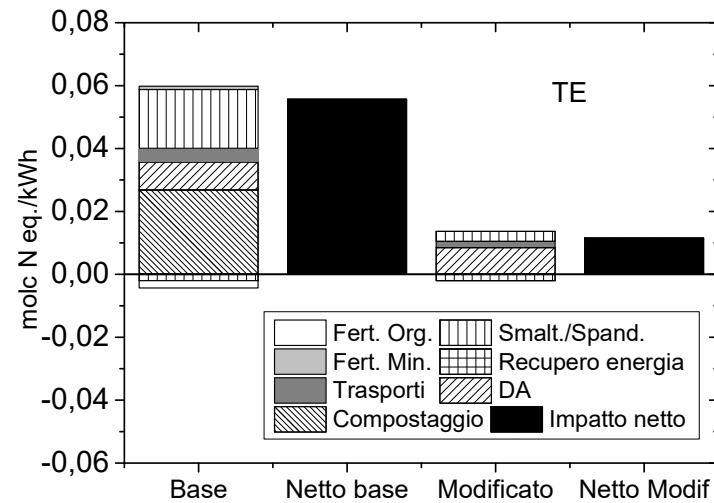
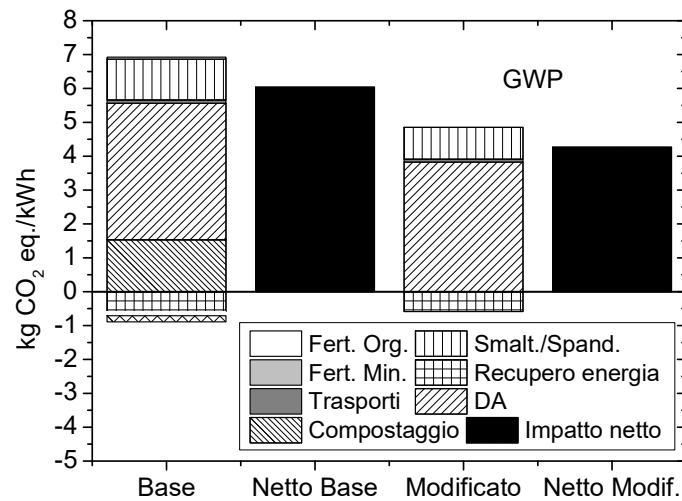
Il caso di studio: Aspetti ambientali

Categorie d'impatto

Categorie	Unità di misura
GWP	kgCO ₂ eq.
ODP	kgCFC-11 eq.
PM	kgPM2.5 eq.
POF	kgNMVOC eq.
A	molc H ⁺ eq.
ET	molc N eq.
FWE	kg P eq.
RD	kg Sb eq.
FWec	CTUeq.

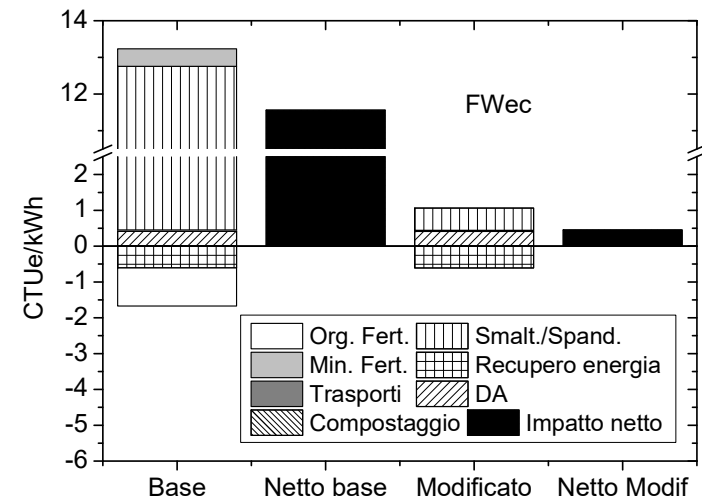
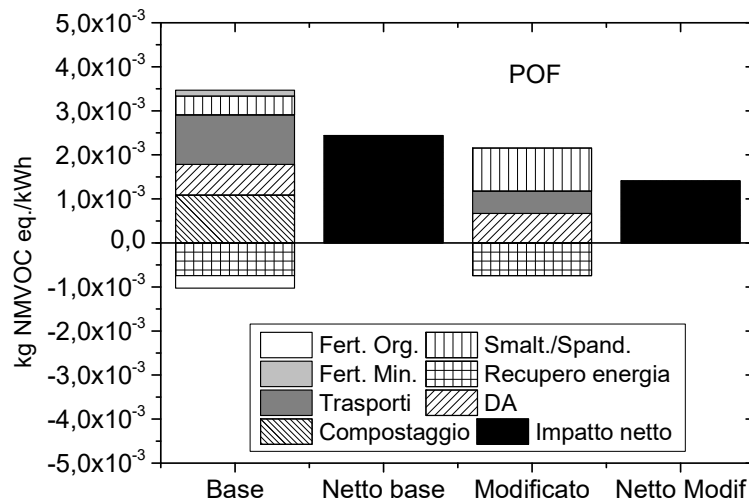


Il caso di studio: Aspetti ambientali – principali risultati





Il caso di studio: Aspetti ambientali – principali risultati





CONCLUSIONI

Vantaggi

- **Ridotti investimenti per inserire AD nel trattamento FO**
- **Sostenibilità economica impianti AD alimentati a EC**
- **Riduzione degli impatti per kWh generato**

Svantaggi

- **Minore recupero energetico**
- **Incremento smaltimenti**
- **Costi di gestione (trasporti e smaltimento)**



GRAZIE PER L’ATTENZIONE!

Francesco Di Maria

***LAR⁵ Laboratory - Dipartimento di Ingegneria
University of Perugia
Via G. Duranti 93, 06125, Perugia, Italy
Email: francesco.dimaria@unipg.it***